

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Кафедра математики та теоретичної радіофізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

« ____ » _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Ядерна фізика та астрофізика

для студентів

галузь знань
спеціальність
освітній рівень
освітня програма

10 Природничі науки
105 Прикладна фізика та наноматеріали
бакалавр
Електроніка та інформаційні технології в
медицині
обов'язкова

вид дисципліни

Форма навчання	очна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	6
Кількість кредитів ECTS	6
Мова викладання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладачі:

Володимир ВИСОЦЬКИЙ, доктор фіз.-мат. наук, завідувач кафедри фізичної МТРФ

Ганна КАРЛАШ, кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри електрофізики

Георгій ФЕЛІНСЬКИЙ, доктор фіз.-мат. наук, доцент кафедри радіотехніки

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ____ » _____ 20__ р.

КИЇВ-2022

Розробник:

Володимир ВИСОЦЬКИЙ, доктор фіз.-мат. наук, завідувач кафедри фізичної МТРФ

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри МТРФ

_____ Володимир ВИСОЦЬКИЙ

Протокол № __ від « ____ » _____ 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № __ від « ____ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії

Сергій РАДЧЕНКО

« ____ » _____ 2022 року.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – «Ядерна фізика та астрофізика»: Сформувані у слухачів науково обґрунтовані представлення про особливості та основні закони ядерної фізики, фізики елементарних частинок та астрофізики, а також показати прямий зв'язок цих галузей науки з основними закономірностями та базовими явищами прикладної фізики та радіофізики.

Вивчаються сучасні представлення про властивості і моделі ядер, основні типи ядерних реакцій за участю гама-квантів, нейтронів і заряджених частинок. Розглядаються механізми ланцюгових реакцій та особливості реакторів ділення і термоядерного синтезу з інерційним та довготривалим утриманням плазми (включаючи некерований вибух). Розглядається систематика елементарних частинок та моделі кварків і струн.

Вивчається принцип дії основних типів прискорювачів, основні поняття дозиметрії і процеси взаємодії гама-квантів, нейтронів, електронів і важких йонів з різними середовищами.

Розглядаються моделі реалізації Великого Вибуху і основні етапи розвитку Всесвіту, включаючи утворення зірок, їх перетворення, процеси нуклеосинтезу, проблеми темної матерії та темної енергії та кінцевий стан еволюції Всесвіту (білі карлики, вибухи Наднових, нейтронні зірки, чорні діри).

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна «Ядерна фізика та астрофізика» базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки бакалавра, а саме: «Загальна фізика» (включаючи оптику, механіку, електрику, молекулярну фізику), «Електродинаміка», «Статистична фізика», «Диференціальні рівняння», «Квантова механіка», «Теорія ймовірності».

Попередні вимоги:

бакалавр повинен знати: основні закони, рівняння та співвідношення електрики та магнетизму, атомної фізики, статистичної фізики, квантової механіки та відповідні розділи теорії диференціальних рівнянь, матаналізу, лінійної алгебри, теорії ймовірностей.

бакалавр повинен вміти: здійснювати постановку фізичних задач, ідентифікувати практично доцільні підходи до їхнього вирішення та використовувати необхідні в кожному конкретному випадку математичні методи.

3. Анотація навчальної дисципліни:

Вивчення дисципліни «Ядерна фізика та астрофізика» дозволяє зрозуміти сутність таких явищ, технологій та проблем: Методи аналізу процесів в ядерних та змішаних атомно-ядерних системах на основі атомах та молекулах на основі рівняння Шредингера та рівняння Дірака; Трансформація фізичних властивостей речовини в інтервалі від кварків, нуклонів, ядер, атомів та молекул до великих і надвеликих ансамблів у формі плазми, газу, твердого тіла; Вплив гравітаційних полів та високої температури на такі великі ансамблі; Особливості процесів взаємодії електромагнітного випромінювання з квантовими об'єктами; Механізми протікання ядерних реакцій ділення та синтезу; Особливості взаємодії різних елементарних частинок між собою та з ядрами та великими ансамблями; Особливості генерації гама-випромінювання та процеси, пов'язані з його поглинанням; Механізми реалізації ланцюгових реакцій ділення ядер; Принципи роботи та основні типи конструкцій ядерних реакторів; Механізми та системи реалізації ядерного синтезу; Основи космології, починаючи з Великого вибуху і до поточного часу; Основи астрономії зірок, походження планет та інших астрономічних об'єктів; Основні шляхи утворення та еволюції зірок різної маси; Механізми вибуху Наднових зірок, утворення нейтронних зірок та чорних дірок; Основні поняття дозиметрії та радіаційної безпеки.

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

- Надати базові ідейні основи курсу «Ядерна фізика та астрофізика», які складають важливу частину загальнонаукової та спеціальної підготовки бакалаврів за спеціальністю «Прикладна фізика та наноматеріали».

- Надати та навчити використовувати основні рівняння ядерної фізики на прикладах аналізу простих фізичних та модельних систем елементарних частинок, ядер, атомів, потенціальних ям, великих систем на основі виродженого газу електронів та протонів з врахуванням їх взаємодії між

собою та з зовнішніми електромагнітними полями та дією гравітації.

- Навчити застосовувати основні відомості курсу у професійній діяльності на прикладі реальних систем практичної дозиметрії, квантової електроніки, атомної фізики.

- Дисципліна спрямована на забезпечення наступних компетентностей:
Загальні компетентності:

ЗК-9 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Фахові компетентності:

ФК-6 Здатність брати участь у обробленні та оформленні результатів експерименту (ФК 6)..

ФК-9 Здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності

5. Результати навчання. У результаті вивчення дисципліни «Ядерна фізика та астрофізика» студент отримає фахову підготовку, достатню для подальшого навчання за освітньою програмою, для самостійного вивчення необхідної та додаткової наукової літератури, а також для вирішення типових задач, що потребують використання методів та знань з ядерної фізики..

:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	знати:	лекційні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	50
1.1	Ідейні засади ядерної фізики	<i>лекція</i>	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
1.2	Особливості структури ядер та типи ядерних моделей.	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
1.3	Принцип роботи та основні характеристики ядерного реактора.	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
1.4	Проблема керованого термоядерного синтезу	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
1.5	Основні поняття та ідеї космології	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
1.6	Етапи розвитку та базові процеси в зірках		Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
1.7	Основи дозиметрії	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
2	вміти:	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	45
2.1	Вирішувати типові задачі, що потребують використання базових методів ядерної	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні	

	фізики		роботи, завдання для самостійної роботи	
2.2	Знаходити оптимальну методику, необхідну для розв'язку задач.	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	
3	комунікація:	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	5
3.1	Здатність грамотно будувати наукову комунікацію як в усній так і письмовій формах, підбирати правильну термінологію	лекційні та практичні заняття	Іспит, письмові модульні контрольні роботи, завдання для самостійної роботи	

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	2.1	2.2	3.1
ПРН-1 Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-5 Застосовувати сучасні математичні методи для побудови й аналізу математичних моделей фізичних процесів.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПРН-7 Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів і наукоємних технологій.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами написання письмових контрольних робіт. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.10 [**знання**] – до 50 %;
- результат навчання 2.1 – 2.3 [**вміння**] – до 45%;
- результат навчання 3.1-3.2 [**комунікація**] – до 5%;

Форми оцінювання:

- **семестрове оцінювання:** Навчальний семестр має два змістовні модулі. Після завершення лекцій №11 та №20 і паралельних практичних занять проводяться письмові модульні контрольні роботи. Обов'язковим для допуску до іспиту є: написання модульних контрольних робіт з кількістю балів не менше 18.
- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмово-усна. Екзаменаційний білет складається з 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до

40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою **24 бали**.

- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання бакалавром сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр. Бакалаври, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум **36 балів**, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні написати додаткову контрольну роботу.

У випадку відсутності бакалаврів з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт здійснюються у відповідності до „Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”

7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min. – 12	Max. – 20
Модульна контрольна робота 1	18	30
Модульна контрольна робота 2	18	30

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	березень
Модульна контрольна робота 2	травень
Добір балів/додаткова контрольна робота	травень
Іспит	червень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі іспиту:

Значення	Змістовні модулі	Іспит	Підсумкова оцінка
Мінімум	36	24	60
Максимум	60	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою)	Рівень досягнень, %
Відмінно	90-100%
Добре	75-89%
Задовільно	60-74%
Незадовільно	0-59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№ теми	Назва лекції (тема семінару)	Кількість годин		
		Лекції	Практичні	Самостійна робота
Змістовий модуль №1 «Структура та перетворення ядерної матерії»				
1	Історія та передумови виникнення ядерної фізики. Характеристики ядерної матерії. Закони спонтанного розпаду	4		5
2	Моделі ядер (краплинна модель ядра)	2		5
3	Статистична модель ядра (модель Фермі-газу)	2		5
4	Оболонкова та узагальнена моделі ядра	2		5

5	Природа та характеристики ядерних сил (сильні, електромагнітні, слабкі)	2		5
6	Радіоактивні перетворення ядер. Альфа-розпад. Спонтанний поділ важких ядер. Бета процеси	4		5
7	Гама-випромінювання ядер. Ефект Месбауера	2		5
8	Ядерні реакції. Загальні властивості. Переріз ядерних реакцій при великій та малій енергії. Ендо- та екзоенергетичні реакції. Реакції за участю заряджених частинок.	2		5
9	Ядерні реакції за участю нейтронів та гама-квантів	2		5
1	Природна радіоактивність та закони спонтанного розпаду		2	5
2-4	Особливості ядерних моделей		6	
6	Альфа-розпад важких ядер		2	
7	Спонтанний поділ. Бета процеси		2	
8	Гама-випромінювання ядер. Ефект Месбауера		4	
9	Ядерні реакції. Загальні властивості. Ядерні реакції за участю заряджених частинок		4	
Модульна контрольна робота № 1			2	
Всього		22	22	50
Змістовий модуль №2 «Використання ядерної енергії та проблеми астрофізики»				
10	Використання керованих та некерованих реакцій ядерного ділення (стаціонарні та імпульсні ядерні реактори, неконтрольований ядерний вибух)	2		5
11	Проблема керованого ядерного синтезу (критерій Лоусона, магнітні системи типу ТОКАМАК, імпульсний термояд з інерційним утриманням гарячої плазми на основі лазерних та пучкових драйверів)	2		5
12	Експериментальні методи досліджень в ядерній фізиці (лінійні та циклічні прискорювачі, накопичувальні кільця; нові методи досліджень - індукційні генератори високої напруги, лазерні пучки як джерела електронів та йонів високої енергії)	2		5
13	Взаємодія іонізуючого випромінювання з речовиною та біологічними системами. Дозиметрія іонізуючого випромінювання	2		5
14	Елементарні частинки, їх склад та класифікація. Кварки. Елементи теорії струн	2		10
15	Сучасні проблеми космології (Великий Вибух, будова Всесвіту, проблеми космології, темна матерія та темна енергія)	4		10
16	Етапи нуклеосинтезу та проблема утворення елементів та ізотопів у Всесвіті	2		10

17	Зірки, їх будова, ядерні реакції в їх об'ємі та їх еволюція. Типи зірок. Вибух Наднових зірок. Пульсари та нейтронні зірки. Планети.	4		10
9	Ядерні реакції за участю заряджених частинок		4	
10-11	Ядерні реакції за участю нейтронів		2	
12	Реакції ділення ядер, термоядерні реакції		2	
13	Прискорювачі заряджених частинок		2	
14	Гальмування частинок в середовищі		4	
15	Дозиметрія		4	
16	Прикладні задачі астрофізики		4	
Модульна контрольна робота № 2			4	
Всього		20	26	60
ВСЬОГО ЗА СЕМЕСТР		42	28	110

Загальний обсяг **180** год., в тому числі:
 Лекції **42** год.
 Практичні **28** год.
 Консультації **0** год.
 Самостійна робота **110** год.

9. Рекомендована література:

Основна література:

1. О.Г. Сітенко, В.К. Тартаковський. Теорія ядра: Навч. посібник.- Київ.: Либідь, 2000.- 608 с.
2. А.К. Вальтер, І.І. Залюбовський. Ядерна фізика.- Харків: Видавництво Харківського ун-ту, 1991.- 480 с.
3. Каденко І.М., Плюйко В.А. Фізика атомного ядра та частинок. ВПЦ "Київський університет", 2008.
4. Висоцький В.І., Дяченко С.А., Карлаш Г.Ю., Овечко В.С., Прокопенко О.В., Харченко Н.П. Атомна та ядерна фізика в прикладах і запитаннях, Учбовий посібник (за ред. В. І. Висоцького, В. С. Овечка). ВПЦ "Київський університет", 2011, 511 с.
5. Ніцук Ю.А. Ядерна фізика: Навч. посібник.- Одеса.: Видавництво ОДУ, 2008.- 168 с.
6. Л.А. Булавін, В.К. Тартаковський. Ядерна фізика.- Київ, 2005.-480 с.

Збірники задач

1. В.А. Плюйко, К.М. Солодовник. Збірник задач з ядерної фізики з розв'язками, Електронна версія, Київ, 2020.
http://atom.univ.kiev.ua/books/nucl_phys_problems_solutions_plujko_solodovnyk.pdf
2. О.П.Кобушкін, Я.Д.Кривенко-Еметов. Ядерна фізика. Збірник задач з розв'язками [Електронний ресурс]: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 120 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45704>